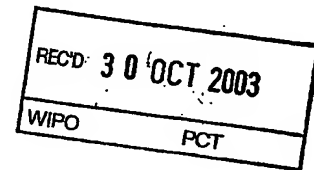


Rec'd PCT/IPC 04 APR 2005

PCT/DE03/02917

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 46 231.3

**Anmeldetag:** 04. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

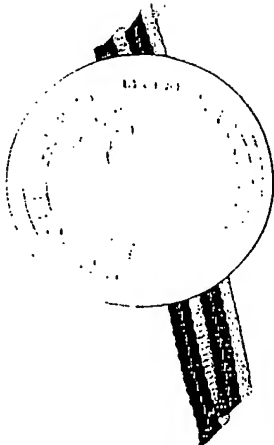
**Bezeichnung:** Nachbrenneinrichtung

**IPC:** F 23 M, C 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Scholz



**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161  
06/00  
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY

5 R. 302819

10 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

### Nachbrenneinrichtung

15 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Nachbrenneinrichtung nach der Gattung des Hauptanspruchs.

20 Bei brennstoffzellengestützten Transportsystemen kommen zur Gewinnung des benötigten Wasserstoffs aus kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen sog. chemische Reformer zum Einsatz.

25 Die optimale Betriebstemperatur eines chemischen Reformers liegt meist weit oberhalb seiner Umgebungstemperatur. Insbesondere bei Fahrzeugen für den Individualverkehr führt dies zu Problemen. Die zahlreichen Stillstandsphasen des Fahrzeugs führen zu einer großen Anzahl von Kaltstartphasen,  
30 in welcher insbesondere der chemische Reformer nicht optimal arbeitet. Bei sehr geringer Last erreicht der Reformer ebenfalls u.U. die optimale Betriebstemperatur durch die in ihm anfallende Wärme nicht oder verliert sie während des Betriebs.

35

Insbesondere bei brennstoffzellengestützten Antriebssystemen mit chemischem Reformer ist es daher vorteilhaft Nachbrenneinrichtungen einzusetzen, welche insbesondere die Aufgabe haben, brennbare Restgase/Abgase, aus beispielsweise

einem Brennstoffzellenprozeß, in Wärme umzusetzen und, durch die Vermeidung einer unkontrollierten Abgabe dieser Gase an die Umwelt, die Emissionen zu reduzieren. Die erzeugte Wärme wird beispielsweise einem Reformer oder einer Brennstoffzelle zugeführt um diese schnell auf Betriebstemperatur zu bringen und um so die Kaltstartphase zu verkürzen. Außerdem wird die erzeugte Wärme zur Aufrechterhaltung der jeweils notwendigen Betriebstemperatur von Reformer und Brennstoffzellen verwendet. So wird die Einhaltung der optimalen Betriebstemperatur auch im Teillastbetrieb sichergestellt.

Die Nachbrenneinrichtung verbrennt die brennbaren Restgase, beispielsweise Restwasserstoff aus einer Brennstoffzelle oder Restgase eines Katbrenners, unter Flammenbildung und ggf. teilweise katalytisch und ist mit dem chemischen Reformer thermisch gekoppelt. Meist jedoch reicht die Wärmewirkung der brennbaren Restgase alleine nicht aus, eine ausreichend große Wärmeleistung zur Verfügung zu stellen. Deshalb wird meist zusätzlich oder alleinig Brennstoff in die Nachbrenneinrichtung eingemessen. Dabei wird der Brennstoff, welcher vorzugsweise in flüssiger Form vorliegt, durch aufwendige und fehleranfällige Einrichtungen fein verteilt als Tröpfchenwolke mit möglichst kleinem Tröpfchendurchmesser in einen Brennraum eingespritzt. Der geringe Tröpfchendurchmesser (Sauterdurchmesser) ist notwendig, um den Brennstoff möglichst großflächig mit Sauerstoff und Wärme in Kontakt zu bringen und um so den Verbrennungsvorgang möglichst vollständig zu vollziehen.

Nachteilig ist dabei, daß Zumeßeinrichtungen zur Erzeugung einer Tröpfchenwolke mit kleinem Tröpfchendurchmesser sehr aufwendig, kostenintensiv und fehleranfällig sind. Der notwendige geringe Tröpfchendurchmesser kann oft nur durch die Anwendung hohen Brennstoffdrucks erzielt werden, wobei die Erzeugung hohen Drucks verhältnismäßig viel Leistung beansprucht und insbesondere die Anlage zur Erzeugung des Drucks viel Raum beansprucht. Solche Zumeßeinrichtungen haben darüber hinaus üblicherweise sehr kleine

Zumeßöffnungen, welche durch Verbrennungsrückstände bzw. Ablagerungen das Zumeßverhalten der Zumeßeinrichtung unzulässig und schlecht kontrollierbar verändern. Wegen der im Brennraum auftretenden hohen Temperaturen, muß die

5 Zumeßeinrichtung räumlich vom Brennraum getrennt werden und kann so den Kraftstoff nicht direkt in den Brennraum zumessen. In der deswegen notwendigen Zumeßleitung, welche den Kraftstoff von der Zumeßeinrichtung zum Brennraum transportiert, kann der darin befindliche Kraftstoff,

10 beispielsweise in einer Stillstandsphase, verdampfen und so unkontrolliert entweichen. Dies führt unter anderem zu hohen unkontrollierten Schadstoffemissionen. Alternativ oder unterstützend zu der Anwendung hohen Brennstoffdrucks sind zur feinen Zerstäubung des Brennstoffs Lösungen mit

15 Luftunterstützung bekannt, wobei der Brennstoff bzw. das Restgas vor der Verbrennung ausreichend lange mit Luft verwirbelt wird. Nachteilig ist hierbei der relativ große Raumbedarf, die aufwendige und störanfällig Regelung der Luftzumessung und der zusätzliche Energiebedarf.

20 Schließlich ergibt sich insbesondere bei geringer Leistung die Gefahr einer unvorhergesehenen Flammlöschung der offenen kontinuierlich brennenden Flamme im Brennraum. Die Wärmeleistung der Nachbrenneinrichtung ist deshalb nach

25 unten hin stark eingeschränkt. Weiterhin ist stets ein gewisser Zeitbedarf zur Abschaltung der Brennstoffzufuhr oder der Neuzündung der Flamme notwendig. In dieser Zeit kann sich Brennstoff bzw. Restgas im Brennraum ansammeln. Dies beeinflußt die Neuzündung negativ, ein ggf. vorhandener

30 Katalysator kann beschädigt werden und unverbrannter Brennstoff bzw. Restgas kann in die Atmosphäre entweichen. Trotz all der genannten Maßnahmen bleiben im Abgas der Nachbrenneinrichtung unverbrannte bzw. unvollständig verbrannte Anteile zurück, welche teilweise giftig oder

35 chemisch aggressiv sind. Dies führt zu einer erhöhten Umweltbelastung und Materialbelastung, außerdem wird der Brennwert des Brennstoffs bzw. des Restgases nur unvollständig ausgenutzt.

## Vorteile der Erfindung

- Die erfindungsgemäße Nachbrenneinrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß durch die Zumessung von Brennstoff auf bzw. in die offenporige hitzebeständige Schaumkeramik, ohne den Einsatz aufwendiger Zerstäubungseinrichtungen zur Erzeugung feinsten Brennstofftropfen eine sehr gute Brennstoffverteilung im Brennraum bzw. in der Schaumkeramik erfolgt. Die damit einhergehende verhältnismäßig große Berührungsfläche mit Luftsauerstoff führt zu einer nahezu vollständigen Verbrennung des zugeführten Brennstoffes und Restgases und damit zur einem hervorragenden Wirkungsgrad und sehr geringen Schadstoffemissionen. Die Anforderungen an die Zumeßeinrichtung bzw. die Brennstoffdüse, welche den Brennstoff in den Brennraum bzw. auf oder in die Schaumkeramik einmißt, sind sehr gering, da die Verteilung des Brennstoffes innerhalb der Schaumkeramik erfolgt.
- Durch die geringe Wärmekapazität der Schaumkeramik und den in der Schaumkeramik gleichmäßig und großräumig verteilten Verbrennungsvorgang, heizt sich die Schaumkeramik sehr schnell auf, womit schon nach kurzer Betriebsdauer und eventuell auftretender kurzzeitiger Unterbrechung der Brennstoffzufuhr eine Fremdzündung durch beispielsweise Zündkerzen oder Ähnlichem bei Wiederaufnahme der Brennstoffzufuhr meist nicht notwendig ist.
- Vorteilhaft ist weiterhin, daß die Schaumkeramik einen Teil des zugemessenen Brennstoffs zunächst aufnehmen kann, ohne daß dieser sofort gezündet wird. Vielmehr verteilt sich ein Teil des Brennstoff zuerst in der Schaumkeramik, bevor er an seiner Oberfläche gezündet wird. Die Schaumkeramik ist also in der Lage, eine gewisse Menge Brennstoff zunächst zu speichern. Diese Eigenschaft ist beispielsweise bei einem Anfahren der Nachbrenneinrichtung aus dem kalten Zustand bei nur ungenügender Fremdzündung durch beispielsweise eine Glühwendel von Vorteil, da der Brennstoff nicht sofort

unverbrannt durch den Brennraum hindurch entweichen kann. Vielmehr wird er in der Schaumkeramik gespeichert und steht der Verbrennung weiterhin zur Verfügung. Verpuffungsvorgänge im Brennraum bzw. eine Anreicherung des Brennstoff-Luft-Gemisches über die Zündfähigkeit hinaus, werden somit  
5 weitgehend verhindert.

Als weiterhin sehr vorteilhaft zu betrachten ist außerdem, daß weitgehend unabhängig von der geometrischen Formgebung  
10 der Schaumkeramik die Verteilung des Brennstoffs vorrangig selbsttätig stattfindet. Dies läßt eine sehr anpassungsfähige Platzierung der Schaumkeramik im Brennraum bzw. in der Nachbrenneinrichtung zu, um beispielsweise die thermische Kopplung zwischen Schaumkeramik und Brennraum,  
15 bzw. mit anderen Elementen der Nachbrenneinrichtung, zu verbessern.

Darüber hinaus hat die erfindungsgemäße Nachbrenneinrichtung einen sehr großen Wärmeleistungsbereich, der insbesondere  
20 durch die Möglichkeit zustande kommt, sehr kleine Wärmeleistungen einzustellen. Durch diese einstellbaren sehr kleinen Wärmeleistungen bzw. Brennleistungen, ist es möglich schadstoffintensive, materialbelastende und wirkungsgradmindernde Aus- und Einschaltvorgänge der  
25 Nachbrenneinrichtung zu vermeiden, insbesondere bei Lastwechselvorgängen typisch für den automobilen Individualverkehr.

Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen  
30 Nachbrenneinrichtung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Vorteilhaft weitergebildet werden kann die Nachbrenneinrichtung dadurch, daß die Schaumkeramik zumindest teilweise aus Siliziumkarbid besteht.  
35 Siliziumkarbid ist hervorragend hitzebeständig, ein exzellenter Wärmeleiter und verleiht der Schaumkeramik überdies eine gute mechanische Steifigkeit bei relativ geringer Dichte. Außerdem leitet Siliziumkarbid den elektrischen Strom relativ gut. Die gute elektrische

Leitfähigkeit kann zu meßtechnischen Zwecken ausgenutzt werden, um beispielsweise die Temperatur über den durch Strom und Spannung hergeleiteten elektrischen Widerstand zu bestimmen oder der Verbrennungsvorgang kann insbesondere  
5 durch die Wärmewirkung des elektrischen Stromes beeinflusst, gesteuert oder, z.B. bei katalytischer Verbrennung, gänzlich erzielt werden, beispielsweise im Teillastbetrieb.

Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn die Schaumkeramik durch  
10 sog. Retikulieren, was beispielsweise thermisch oder chemisch durchgeführt werden kann, offenporig gemacht wird. Dadurch läßt sich ein sehr hohes Maß an Offenporigkeit erzielen und zudem läßt sich die Porengröße sehr leicht, beispielsweise im Bereich von 0,05 mm bis 5 mm, bei der  
15 Herstellung der Schaumkeramik einstellen.

Vorteilhafterweise steht die Schaumkeramik mit zumindest einem Teil der Wandung des Brennraums in gutem wärmeleitendem Kontakt, da dadurch die Wärme schnell und  
20 effizient an beispielsweise den Reformer, eine verfahrenstechnische Komponente wie z.B. einen Katbrenner oder eine Brennstoffzelle abgegeben werden kann.

Wird die Schaumkeramik vorteilhafterweise mit einer  
25 katalytischen Schicht, beispielsweise aus Platin oder einer platinhaltigen Legierung beschichtet, so kann der Verbrennungsvorgang beispielsweise auch wenigstens teilweise katalytisch, ohne Flammenbildung ablaufen.

30 Weist die erfindungsgemäße Nachbrenneinrichtung weiterhin eine Zündeinrichtung auf, so kann der Verbrennungsvorgang in der Nachbrenneinrichtung jederzeit ohne nennenswerte Anlaufzeiten, insbesondere nach einer kurzzeitigen Unterbrechung der Kraftstoffzumessung, in Gang gesetzt  
35 werden. Dabei sind die Außentemperaturen bzw. die Temperatur der Nachbrenneinrichtung nur von geringer Bedeutung. Die Zündvorrichtung kann besonders einfach und kompakt als Glühwendel oder Glühkerze ausgebildet sein, wobei diese

vorteilhafterweise zwischen Schaumkeramik und Düse oder in der Schaumkeramik angebracht ist.

5 Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung ergibt sich durch die Ausbildung der Düse als Dralldüse, welche eine noch bessere Brennstoffverteilung ermöglicht.

#### Zeichnung

10 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

15 Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Nachbrenneinrichtung und

Fig. 2 einen auszugsweisen Schnitt durch die offenporige Schaumkeramik als Prinzipskizze.

20

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beispielhaft beschrieben.

25

Ein in Fig. 1 dargestelltes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Nachbrenneinrichtung 1 weist ein rohrzylindrisches Gehäuse 5 und einen darin befindlichen Brennraum 8 auf. Der Brennraum 8 ist seitlich durch das Gehäuse 5, oben durch einen oberen Ring 9 und unten durch einen unteren Ring 10 im Gehäuse 5 abgegrenzt. Der obere Ring 9 grenzt den Brennraum 8 gegen eine Düse 2 ab und der untere Ring 11 gegen einen Austrittsraum 11. Der Brennraum 8 ist in diesem Ausführungsbeispiel gänzlich mit einer Schaumkeramik 4 gefüllt. Die Poren der Schaumkeramik sind in Quer- und Längsrichtung miteinander verbunden und lassen insbesondere so eine hervorragende Durchströmung und nahezu vollständige Verbrennung zu.

30

35



Ein auszugsweiser Schnitt als Prinzipskizze ist in Fig. 2 dargestellt. Erkennbar sind die in den Trägerschaum 12 eingebetteten Poren 13.

- 5 Die Schaumkeramik ist z. B. durch Retikulieren des Trägerschaums 12, wie z.B. Polyurethanschaum, und anschließender Behandlung mit einer Siliziumkarbidsuspension, beispielsweise in Wasser suspendiertes Keramikpulver aus Siliziumkarbid, herstellbar.

10

- Ein Flambereich 6 zieht sich, ausgehend von der Düse 2, ovalförmig durch die im Brennraum 8 liegende Schaumkeramik 4 und endet im Austrittsraum 11. Der Flambereich 6 ist hier nur beispielhaft wiedergegeben und ist beispielsweise abhängig von der Lage der Düse 2 zur Schaumkeramik 4, dem Brennstoffdruck, der Porengröße der Schaumkeramik 4, und den Eigenschaften des Brennstoffs. Insbesondere ist es möglich, die Flambildung in der gesamten Schaumkeramik 4 auszubilden oder bei katalytischer Verbrennung die Flambildung gänzlich zu unterbinden oder nur in Teilen der Schaumkeramik 4 zuzulassen.

20

- Die Düse 2 nimmt an ihrem der Schaumkeramik 4 abgewandten axialen Ende Brennstoff, Restgas, Luft oder eine Mischung dieser Bestandteile auf und mißt sie an ihrem unteren axialen Ende, welcher der Schaumkeramik 4 zugewandt ist, durch eine nicht dargestellte Öffnung in die Schaumkeramik 4 ein. Luft wird zudem über eine Luftzufuhr 3 dem Brennraum 8 bzw. der Verbrennung zugeführt. Auch die Einbringung eines Restgas-Luft- oder Restgas-Sauerstoff-Gemisches ist über die Luftzufuhr 3 möglich. Brennstoff, Restgas oder eine Mischung dieser Bestandteile entzündet sich mit Luft und/oder Sauerstoff bzw. reagiert chemisch im laufenden Betrieb an der heißen Oberfläche der Schaumkeramik 4.

25

30

- Der Verbrennungsvorgang kann aber auch durch nicht genauer dargestellte Zündeinrichtungen in Gang gebracht, bzw. aufrecht erhalten werden. Solche Zündeinrichtungen sind beispielsweise als elektrische Glühkerze oder Glühwendel 14

35

zwischen Düse 2 und Schaumkeramik 4 angebracht. Es ist auch möglich, die Zündeinrichtung in der Schaumkeramik 4 anzubringen. Es ist ebenso denkbar, die Zündeinrichtung so zu gestalten, daß die gesamte Schaumkeramik 4, oder  
5 zumindest ein Teil davon, so elektrisch beheizt wird, daß dadurch eine Zündeinrichtung gebildet wird. Schließlich kann die Schaumkeramik 4 auch von außen oder durch die Implementierung von Drähten beheizt werden. Nach erfolgter Oxidation des Brennstoffes und/oder der Restgase entweichen  
10 die Verbrennungsgase nach unten durch den unteren Ring 10 in den Austrittsraum 11, um dann hier durch Austrittsöffnungen 7 zu entweichen.

Die Nachbrenneinrichtung 1 bzw. das Gehäuse 5 steht  
15 großflächig mit einem nicht dargestellten chemischen Reformier und/oder einer Brennstoffzelle in gutem wärmeleitendem Kontakt, wobei dieser Kontakt auch unterbrechbar gestaltet sein kann.

5 R. 302819

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

10

### Ansprüche

- 15 1. Nachbrenneinrichtung (1), insbesondere für chemische  
Reformer zur Gewinnung von Wasserstoff, zur Nachverbrennung  
von Restgasen aus einem Reformierungs- und/oder aus einem  
Brennstoffzellenprozeß mit zumindest einer Düse (2) zur  
Zumessung von Brennstoff und der brennbaren Restgase in  
20 einen Brennraum (8) und zumindest einer Luftzufuhr (3),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Brennraum (8) zumindest teilweise mit einer  
hitzebeständigen offenporigen Schaumkeramik (4) gefüllt ist.
- 25 2. Nachbrenneinrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Schaumkeramik (4) zumindest teilweise aus  
Siliziumkarbid besteht.
- 30 3. Nachbrenneinrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Schaumkeramik (4) durch Retikulieren offenporig  
gemacht ist.
- 35 4. Nachbrenneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Schaumkeramik (4) elektrisch beheizbar ist.

5. Nachbrenneinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Schaumkeramik (4) mit zumindest einem Teil der  
5 Wandung des Brennraums (8) in gutem wärmeleitenden Kontakt steht.
6. Nachbrenneinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Schaumkeramik (4) teilweise mit einer katalytischen Schicht, insbesondere aus Platin, überzogen ist.
7. Nachbrenneinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Nachbrenneinrichtung (1) eine Zündeinrichtung aufweist.
- 20 8. Nachbrenneinrichtung nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Zündeinrichtung als elektrische Glühwendel (14) oder Glühkerze ausgebildet ist.
- 25 9. Nachbrenneinrichtung nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Zündeinrichtung zwischen Schaumkeramik (4) und Düse (2) oder in der Schaumkeramik (4) angebracht oder gebildet  
ist.  
30
10. Nachbrenneinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Düse (2) als Drall- oder Mehrlochdüse ausgebildet  
35 ist.

5 R. 302819

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

10

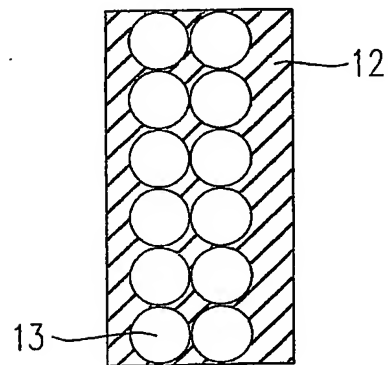
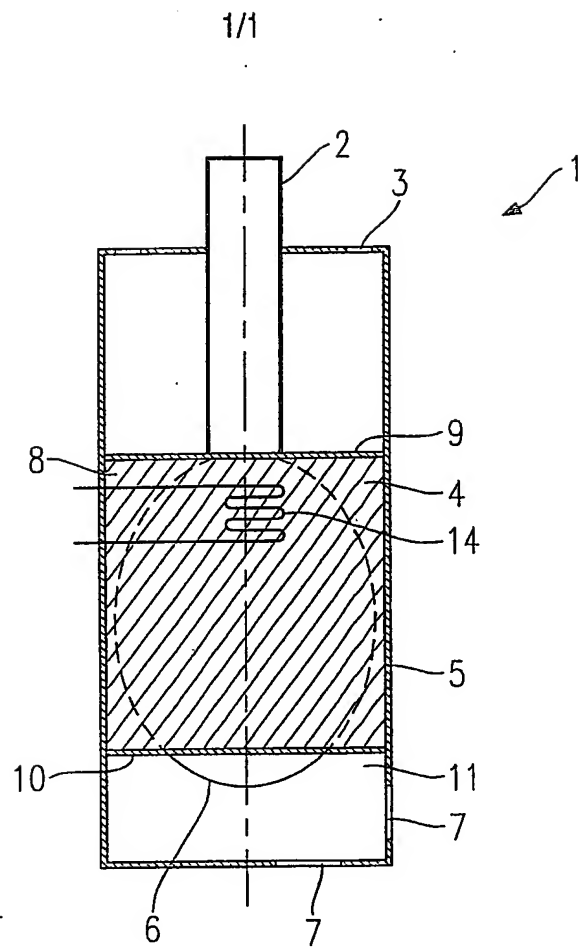
#### Zusammenfassung

15 Eine Nachbrenneinrichtung (1), insbesondere für chemische  
Reformer zur Gewinnung von Wasserstoff, zur Nachverbrennung  
von Restgasen aus einem Reformierungs- und/oder aus einem  
Brennstoffzellenprozeß weist zumindest eine Düse (2) zur  
Zumessung von Brennstoff und der brennbaren Restgase in  
einen Brennraum (8) und zumindest eine Luftzufuhr (3) auf.  
20 Der Brennraum (8) ist zumindest teilweise mit einer  
hitzebeständigen offenporigen Schaumkeramik (4) gefüllt.

(Fig. 1)

25

302819



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**